

文章编号: 1002-0268 (2001) 02-0056-05

基于 ITS 的汽车安全行驶状况 在线监测系统的研究

杨占春¹, 胡子正², 孙 华²

(1. 吉林工业大学 汽车动态模拟国家重点实验室, 吉林 长春 130025; 2. 上海铁道大学, 上海 200331)

摘要: 提出基于 ITS (智能交通系统) 的车辆安全行驶状况在线监测系统框架, 对车辆行驶中的异常现象进行实时监测。提出从实测的汽车操纵稳定性和制动性能参数出发, 对悬架、转向、制动、车轮等安全总成及其部件进行状态监测的观点。综合运用遗传算法、小波变换和神经网络等技术, 在汽车运行中对其进行安全监测。最后借助汽车动态模拟国家重点实验室的 ADSL 模拟器, 对研究的核心部分进行试验验证, 结果表明本文提出的监测方案是可行的。

关键词: ITS; 在线监测; 故障诊断; 小波变换; 神经网络

中图分类号: U461.6

文献标识码: A

Research on ITS Based On-board Automobile Driving State Monitoring System

YANG Zhan-chun¹, HU Zi-zheng², SUN Hua²

(1. National Automobile Dynamic Simulation Laboratory Jilin University of Technology, Jilin Changchun 130025, China;

2. Shanghai Tiedao University, Shanghai 200331, China)

Abstract: An on-board monitoring system on automobile driving state is put forward in this paper and it is based on ITS to monitor the abnormal state of the running automobile. A new viewpoint is put forward that the unsafe state of suspension, steering system, braking system, wheel assembly can be found from on-board monitoring data of manoeuvre stability and braking performance. GA method, wavelet transform and neural network are used in the system to monitor the unsafe state. In the end, with the data from the ADSL simulator, reliability test is made of the key part of the system. The results indicate that the scheme is feasible.

Key words: ITS; On-board monitoring; Fault diagnosis; Wavelet transform; Neural network

0 前言

随着社会的进步和人们生活质量的提高, 用户在对汽车的经济性和动力性的要求日益提高的基础上, 更加强了对汽车行驶安全性的重视。目前, 保证车辆安全行驶的设备主要有主动安全系统 (如 ABS) 和被动安全系统 (如安全气囊) 等, 对于这两种系统的研究已日臻完善, 同时具备了故障自诊断功能, 已被高档轿车采用。这在一定程度上提高了汽车的行驶安全性。但是, 这些系统都是在传统的汽车概念之上附加到车辆中的, 只是对车辆安全行驶性能的进一步改

善, 并没有从影响汽车主动安全性的机械部件出发来提高车辆的主动安全性能。

汽车行进过程中, 驾驶员必须通过操纵方向盘和制动踏板使车辆适应不断变化的交通情况。而汽车本身固有的一些总成, 如转向系统、制动系统、悬架系统以及车轮系统等直接关系到车辆的操纵稳定性和制动性能, 它们运行状态的好坏将影响车辆的行驶安全。

前苏联某公路学院对一条公路上的汽车检验资料显示, 由于忽视了决定行驶安全性的主要机构检查, 在公路上有 77% 的汽车存在制动系故障, 51.4% 的汽

车具有转向装置缺陷, 88% 的汽车有行驶系故障^[1]。因此, 对这些总成进行在线状态监测, 及时发现系统存在的故障隐患, 并把信息传输给驾驶员和交通指挥中心, 就可以预防和减少行车事故的发生。

1 研究的必要性分析

汽车安全行驶状况在线监测包括两方面的含义: (1) 对行驶中的车辆是否发生跑偏、转向失灵等异常现象进行监测, 从而采取必要的控制措施; (2) 对引起行驶异常的车辆安全总成进行故障诊断。

对车辆安全行驶状态进行在线监测和故障诊断, 同时为驾驶员和其他有关方面提供信息, 是保障车辆安全行驶的一个重要方面, 目前在这个领域的研究尚不充分。我国现行的汽车故障诊断技术还处在比较落后的阶段, 特别是对机械系统的故障诊断实行的是定期检测制度, 并且需要借助于人工经验进行判断, 不仅效率低, 而且影响诊断的可靠性, 为安全行驶埋下隐患。

另据作者查阅大量资料表明, 国内外现存的车载诊断系统大都是针对电子控制元件和液压系统等进行的监测诊断, 而针对机械部件的车载监测系统还没有问世。

除此之外, 目前方兴未艾的 ITS 系统的研究工作主要集中在交通网络管理方面, 而针对具体车辆的安全运行状况以及车辆内部安全总成的工作情况的监测研究还没有展开, 至少在我国还没有进行这方面的工作。若将故障车辆的在线监测信号通过 ITS 传输到交通指挥中心和故障维修中心, 对故障车辆进行维修指导, 并对相关车辆进行有效的指挥疏导, 将会大幅度提高运输效率, 它带来的社会效益是十分可观的。

通过以上分析可知, 开发基于 ITS 的车辆安全行驶状况在线监测系统很有必要。不仅能够提高汽车检测和维修的可靠性, 消除不必要的浪费, 提高汽车行驶的安全系数, 而且还有利于交通指挥, 提高交通网络的运行效率。

2 基于 ITS 的汽车安全行驶状况在线监控系统结构

综合前面的分析, 单就汽车本身来说, 本系统的软件部分主要由车辆运行状态监测模块、安全总成故障诊断模块组成, 硬件由车载通讯设备、报警装置以及微处理器等组成。其中两个软件模块与车载通讯设备均配有接口, 以便及时地将车辆运行中的异常情况和安全总成诊断结果分别发送到交通指挥中心和汽车维修中心。整个系统结构如图 1 所示。

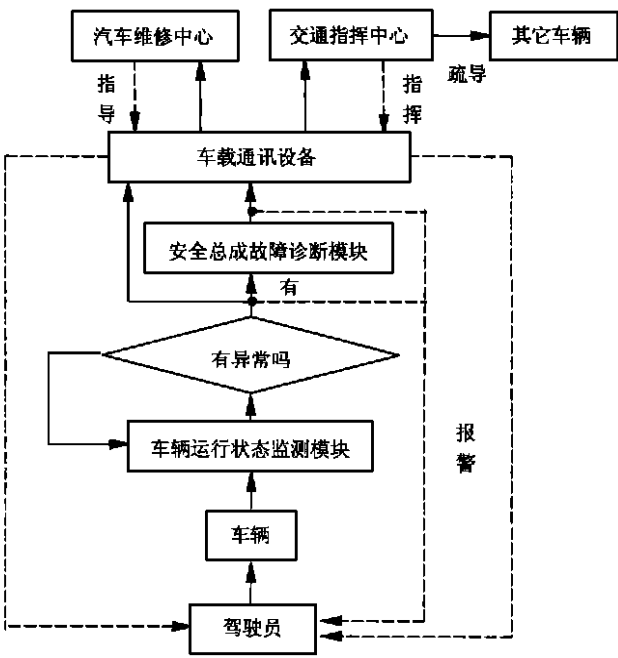


图 1 基于 ITS 的汽车安全行驶状况在线监测系统

2 1 车辆运行异常现象与安全总成故障关系的分析

车辆行驶中, 驾驶员通过操纵方向盘和制动踏板实现车辆的转向和制动。如果悬架、制动、转向和车轮等总成存在故障, 那么势必会影响汽车行驶的操纵稳定性和制动性能, 给安全行驶埋下隐患。因此, 需要掌握两者之间的关系, 从车辆行驶的宏观参数出发, 找出行驶异常与各安全总成故障之间的联系, 方能解决这一问题。

作者在总结轿车维修类文献和相关资料的基础上, 分析归纳出车辆行驶异常现象与安全总成故障之间的因果关系。考虑到篇幅所限, 现仅列举其中的一部分如表 1 所示, 其中带有 *号的是具有因果关系的项目。

从表 1 可以看出, 车辆行驶异常现象与总成故障原因之间具有复杂的因果关系, 一种异常现象往往可以由多种故障原因引起, 而一种故障原因又常会导致多种异常现象的发生, 它们之间具有复杂的映射关系。单靠仪器针对某个部件进行监测诊断不能解决此类问题, 需要运用人工智能技术结合故障诊断理论、汽车理论等对其进行故障识别。

2 2 车辆运行状态监测模块的实现方法

汽车的行驶过程, 往往是一个时变的非线性的非平稳过程, 特别是在转向、制动时, 这一特性体现得尤为明显。在相关总成发生故障后, 车辆将出现跑偏、摆振等复杂现象, 更加加剧了汽车行驶的非线性和非平稳性。

行驶异常现象与安全总成故障的关系（部分）

表 1

安全总成故障	行驶异常现象										
	制动性					操纵稳定性					
	制动跑偏	制动拖滞	制动力不足	制动衰退	其它	前轮摆振	行驶跑偏	单边转向不足	转向不灵敏	车辆不能自动回正	其它
车轮	车轮动平衡不正确					*	*				
	前轮定位失准	*				*	*		*	*	
	车轮轴承磨损	*				*	*				
	轮胎气压不当	*				*	*			*	
	其它	*				*	*				
悬架	减振器失效					*	*				
	板簧错位、折断					*	*		*		
	悬挂固定件松动					*	*	*			
	悬挂磨损					*	*				
	其它	*				*	*			*	
转向系	转向器调整不当					*	*			*	
	杆系磨损松动					*	*				
	球节润滑不足								*	*	
	其它					*	*	*	*	*	
制动系	制动器阻滞	*	*	*	*		*				
	制动系泄漏	*		*	*						
	摩擦片过度磨损	*		*							
	其它	*	*	*	*						

传统的傅立叶变换能较好地反映稳态信息，得到的是全局信号的频谱，不适于分析突变的、非平稳信号和短时、宽带信号。不能反映信号在局部区域的频率特征，从而淹没了一些有价值的局域性或周期性特征，而机械系统发生故障时，局域信号和周期信号往往最能反映故障特性。另外，传统的傅利叶分析由于需要的数据量较大，难以对机械故障及时作出诊断。小波变换则是将一个信号分解成对空间和尺度的独立

贡献，同时又不失原有信号中所包含的信息，具有良好的时域定位特性，在对机械系统进行在线监测和故障诊断方面表现出传统方法所不能比拟的优势。对小波变换的结果利用人工智能算法进行自动解释，则可实现对系统的自动监测^[3]。因此，将小波变换理论引入该模块中，将有利于对车辆行驶中异常信号的识别。该模块具体实现过程如图 2 所示。

2 3 安全总成故障诊断模块的实现方法

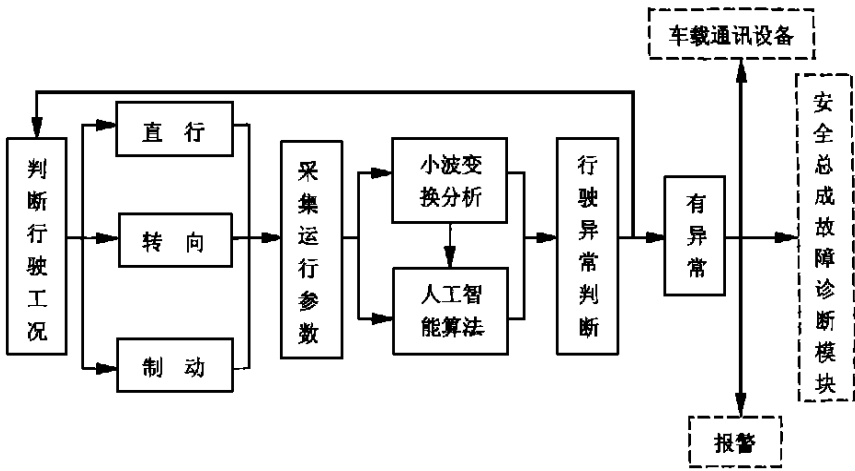


图 2 车辆运行状态监测模块

发现车辆行驶异常后，对各安全总成进行故障诊断实际上是一个模式识别过程。传统的车辆自诊断系

统是对于某些总成或设备进行单独诊断，没有考虑到它们与其它部件或车辆整体的关系，因此很难实现基

于整车的车辆状态监控。

本文针对这一问题提出新的观点，从车辆运行状态出发，通过对其进行在线监测，采集与操纵稳定性

和制动性能相关的数据，作为模式识别的征兆集合，进而监测相关总成的工作状态。该模块具体结构如图 3 所示。

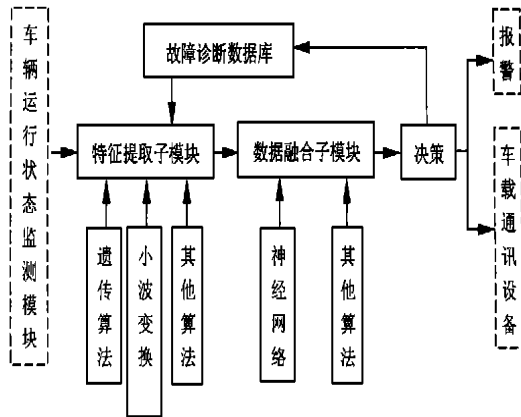


图 3 总成状态监测模块结构

该模块主要由特征提取子模块、数据融合子模块以及故障诊断数据库等组成。其中特征提取子模块实现对来自于车辆运行状态监测模块的数据处理，并提取特征数据，对于特征量的确定可以离线进行；数据融合子模块完成对特征数据的组合分析，进行模式识别；故障诊断数据库则存贮原有的车辆故障诊断知识、数据，并由新的运行状况不断充实数据，为神经网络在线学习、统计分析等提供数据。

3 实例验证

由以上分析可知，在整个系统中，汽车安全行驶状态监测模块为故障诊断模块提供进一步分析的依据，整个系统的核心部分为后者，考虑到现有条件，本文仅以后者为例进行验证。

车辆在转弯或避让、超车时，将发生非线性的非平稳运动，特别是在汽车相关部件出现故障后，车辆运行的非线性和非平稳性将表现得更为明显，因此选择汽车双移线试验来验证方案的可行性。试验按照 ISO/3888 技术报告与 GB6323-86 标准在 ADSL 模拟器上进行。

分别修改原车的 6 项参数，以模拟实际中车辆部件发生的故障。修改的参数分别是：（1）前轮侧偏刚度增加，后轮侧偏刚度降低；（2）前轮侧偏刚度降低，后轮侧偏刚度增加；（3）所有车轮侧偏刚度降低；（4）所有车轮侧偏刚度增加；（5）转向系刚度增加；（6）转向系刚度降低。

在以上参数作用下，分别进行 12 次试验，测得车辆的各种运行参数：车辆侧向加速度、重心侧偏角、方向盘转角、车辆横摆角速度等。

车辆在双移线试验中，发生的是复杂的非线性运动，各种参数表现出来的车辆特性大不相同。但是这些参数又存在着一个共同点，就是可以看成不同频率信号的叠加。由前面的分析可知，不同频率信号对应车辆不同故障的特性，有些频率范围能够体现出不同故障的各自特点，因此，采用小波变换方法将不同信号分解到不同的频段上，将能体现出故障的不同特征，便于进行模式识别。

另外，在双移线试验中，由于驾驶员对方向盘的操纵间接地适应了由于部件故障引起的车辆异常行为，并且车辆的侧向加速度也体现了这样一种特性，所以选择方向盘转角和侧向加速度进行分析。

首先，应用 Symlets 小波函数对上述两个物理量进行四层小波分解，由于小波分解后重构的小尺度信号主要是原信号的高频噪声部分，这些信号对于本文来说没有参考价值，而大尺度的低频信号则反映了车辆与驾驶员的行为，所以提取第四层上的细节信号与逼近信号的最大值与相应功率谱中的最大“功率密度”作为特征量^[2]。

数据融合采用神经网络结构进行，采用具有学习率和动量可以自调整的改进 BP 网络。网络的输入是方向盘转角和车辆侧向加速度的小波分解重构后得到的信号及其功率谱的最大值，输出为车轮和转向系的上述 6 种故障状态。经调试，确定网络的隐层神经元数为 15，即神经网络结构为 8—15—6。

分别取每个物理量的前 9 组数据进行网络学习，经 17 101 次训练后，网络稳定，误差达到 0.001。用剩余的 3 组数据进行验证，计算结果如表 2 所示。

由表中数据可见，除了数据 6 和数据 8 的结果偏

测试样本及其理想输出和实际输出									表 2
测试样本	故障 1			故障 2			故障 3		
	数据 1	数据 2	数据 3	数据 4	数据 5	数据 6	数据 7	数据 8	数据 9
实际输出	0.9981	0.9722	0.9979	0.0000	0.1626	0.0414	0.0097	0.0000	0.0012
	0.0000	0.0000	0.0000	0.9998	0.9097	0.0143	0.0000	0.0006	0.0003
	0.0011	0.0444	0.0011	0.0000	0.0000	0.0002	0.9851	0.0002	0.9998
	0.0009	0.0000	0.0007	0.052	0.5061	0.9992	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0007	0.1844	0.0007	0.0000	0.0054	0.0003	0.0000	0.0008	0.0000
	0.0015	0.0006	0.0014	0.0000	0.0003	0.0009	0.0003	0.6247	0.0000
理想输出	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
测试样本	故障 1			故障 2			故障 3		
	数据 10	数据 11	数据 12	数据 13	数据 14	数据 15	数据 16	数据 17	数据 18
实际输出	0.0000	0.0019	0.0000	0.0001	0.0000	0.0012	0.0002	0.0014	0.0001
	0.0000	0.0060	0.0000	0.0000	0.5188	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	0.9999	0.9996	0.9994	0.0003	0.0000	0.0012	0.0000	0.0001	0.0000
	0.0002	0.0006	0.0121	0.9837	0.9942	0.9975	0.0001	0.0001	0.0010
	0.0003	0.0017	0.0010	0.0013	0.0001	0.0352	0.9971	0.9987	0.9996
理想输出	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	1	1

离理想输出很远外，其他结果都很令人满意，判断正确率达到 88.89%。由此可见，采用本文提出的方法进行车辆安全部件的故障诊断是可行的。

这个实例只是基于双移线试验基础上的，关于车辆安全运行状态监测与安全部件的其它故障诊断的研究工作正在进行当中，希望得到专家的指正。

4 总结

本文提出的基于 ITS 的车辆安全行驶状况在线监测方案，对于提高车辆行驶安全性和交通运行效率具有重要意义。设计的模块化结构有利于软件的实现，并可以不断融入新的研究内容，如汽车自动避障系统等。

提出基于整车状态的安全总成故障诊断的观点，直接从车辆运行状态出发，对各种安全总成及其部件的工作状态进行在线诊断，提高了汽车运行的安全系数。

试验表明，将小波理论与神经网络结合，应用于本系统对车辆主要安全部件进行故障诊断是可行的。

参考文献:

[1] 王凤岐, 陈礼 . 汽车诊断技术. 人民交通出版社, 1991-06
[2] 彭玉华, 小波变换与工程应用. 科学出版社, 1999-09
[3] Rob Klausmeier. Using Artificial Intelligence in Vehicle Diagnostic Systems. SAE 861124.
[4] 王文成. 神经网络及其在汽车工程中的应用. 北京理工大学出版社, 1998-07.